

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-204446

(43)Date of publication of application : 30.07.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/22
C01B 31/04
H01L 21/324

(21)Application number : 10-021511

(71)Applicant : TOSHIBA CERAMICS CO LTD

(22)Date of filing : 19.01.1998

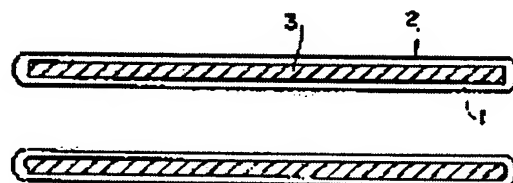
(72)Inventor : AONUMA SHINICHIRO
MATSUO HIDEYASU

(54) QUARTZ GLASS FURNACE TUBE FOR SEMICONDUCTOR HEAT TREATMENT FURNACE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase number of treatment objects that can be treated in one treatment, by constituting a tubular compact using an anisotropic carbon material such that ratio of thermal conductivity in the cylindrically longitudinal direction to the thermal conductivity in the direction of thickness of the compact is a specified ratio or higher, and thus enabling soaking of a furnace tube and extension of an effective thermal radiation range in the longitudinal direction.

SOLUTION: A tubular compact 3 inserted between an inner tube 1 and an outer tube 2 which are made of quartz glass is constituted by using an anisotropic carbon material. As the anisotropic carbon material, a material having a graphite crystal structure such as graphite is preferred. Such an anisotropic carbon material is molded into a cylindrical tubular compact in which the a- and b-axis layer planes of its crystal are in parallel to the tube surface while the c-axis direction is matched toward the direction of thickness. In the compact in which the graphite crystal layer plane is thus oriented in parallel to the tubular surface, the thermal conductivity in the cylindrically longitudinal direction is approximately 100 W/m.K or higher and the anisotropic ratio of the thermal conductivity in the cylindrically longitudinal direction to that in the direction of thickness is approximately 30/1 or higher.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.09.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration] withdrawal

[Date of final disposal for application] 27.11.2003

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-204446

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月30日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 1 L 21/22
C 0 1 B 31/04
H 0 1 L 21/324

識別記号
5 0 1
1 0 1

F I
H 0 1 L 21/22
C 0 1 B 31/04
H 0 1 L 21/324
5 0 1 M
1 0 1 A
G

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平10-21511

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月19日

(71) 出願人 000221122

東芝セラミックス株式会社
東京都新宿区西新宿 1 丁目26番 2 号

(72) 発明者 青沼 伸一朗

神奈川県秦野市曾屋30番地 東芝セラミッ
クス株式会社開発研究所内

(72) 発明者 松尾 秀逸

神奈川県秦野市曾屋30番地 東芝セラミッ
クス株式会社開発研究所内

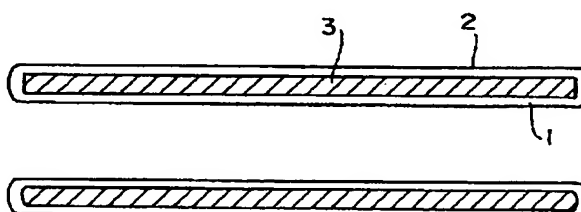
(74) 代理人 弁理士 木下 茂 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 半導体熱処理炉用石英ガラス炉芯管

(57) 【要約】

【課題】 ウエハ等の被処理物を処理できる有効処理域が広く、炉内の均熱放射性、特に炉芯管長手方向の均熱放射性に優れ、然も炉芯管からのウエハ汚染物質の放散が回避された半導体熱処理炉用石英ガラス炉芯管を提供する。

【解決手段】 石英ガラス製の内管と外管との間に炭素材からなる管状成形体が挟入された複層構造の半導体熱処理炉用石英ガラス炉芯管に於て、該管状成形体を構成する炭素材が、異方性を有し、該成形体の円筒長手方向と厚み方向の熱伝導率の比が30/1以上であることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 石英ガラス製の内管と外管との間に炭素材からなる管状成形体が挟入された複層構造の半導体熱処理炉用石英ガラス炉芯管に於て、

該管状成形体を構成する炭素材が、異方性を有し、該成形体の円筒長手方向と厚み方向の熱伝導率の比が $30/1$ 以上であることを特徴とする半導体熱処理炉用石英ガラス炉芯管。

【請求項 2】 前記管状成形体を構成する異方性炭素材が、黒鉛型結晶構造を有し、且つ該黒鉛型結晶の a、b 軸層面が成形体の管表面に並行に、c 軸方向が厚み方向に向けて揃えられ、該成形体の円筒長手方向熱伝導率が $100\text{W/m}\cdot\text{K}$ 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載された半導体熱処理炉用石英ガラス炉芯管。

【請求項 3】 前記異方性炭素材に於ける黒鉛型結晶構造の c 軸方向の層間厚み (Lc) が 800Å 以上であることを特徴とする請求項 2 に記載された半導体熱処理炉用石英ガラス炉芯管。

【請求項 4】 前記管状成形体を構成する異方性炭素材が膨張黒鉛であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載された半導体熱処理炉用石英ガラス炉芯管。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体熱処理炉に用いられる、例えば拡散炉用石英ガラス炉芯管に関し、より詳細には、石英ガラス製の内管と外管との間に異方性を有する特定炭素材からなる層が挟入された複層構造の半導体熱処理炉用石英ガラス炉芯管であって、ウエハ等被処理物の有効処理域が広く、且つ炉内の均熱放射性、特に炉芯管長手方向の均熱放射性に優れ、然も炉芯管からのウエハ汚染物質の放散が回避された半導体熱処理炉用石英ガラス炉芯管に関する。

【0002】

【従来の技術】コンピュータ等の各種用途に使用される半導体を製造するには、その製造工程中において、例えばウエハ等の熱処理を必要とし、この熱処理装置には、一般に石英ガラス炉芯管が使用される。この熱処理装置（拡散炉）は、通常、例えば、図 3 に示すように、サセプタ 6 上に載置されたウエハ等の被熱処理物 7 を内部に収容する炉芯管 4 の外側に、例えばコイル状等の発熱体 5 が配設された構造を有し、この発熱体から放射される熱線が炉芯管壁を透過して内部の被処理物に達し、これを熱処理する。この炉芯管は、管自身から不純物が放散されて、ウエハ等の被処理物がこれにより汚染されるのを回避するため、一般にその材質として、セラミックスの中でも最も純度の高い石英ガラスが使用される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】通常、工業規模の生産に用いられる半導体熱処理炉では、ウエハ等の被処理物

は、炉芯管内に於いて、炉芯管の長手方向にサセプターに保持されて等間隔に複数枚並べて載置され、一度に処理される。従って、生産性向上の観点からは、できるだけ多数枚のウエハ等を一度に処理できるように、なるべく炉芯管の長手方向有効長を長くすることが好ましい。石英ガラス製炉芯管は透明で、従来、半導体熱処理炉では熱源である発熱体の輻射熱を該透明な炉芯管の管壁から直接ウエハ等の被処理物に当てる方式が用いられている。しかしながら、石英ガラスは熱伝導率が非常に小さいため、熱移動が迅速でなく、局所的な温度むらが発生しやすく、特に炉芯管の長手方向全域を均一温度に保つことは、非常に困難であった。このため、炉芯管の長手方向の有効処理域の長さは、その全長に比べてかなり短く、従来から、生産性向上、製造コストダウンの見地から障害となっていた。従って、炉芯管の均熱化、特に長手方向の有効熱放射域をできる限り延長し、一回に処理できる被処理物の数を増加させることが強く望まれていた。

【0004】本発明者等は、上記熱処理工程での生産性を向上させ、半導体製造コストをより低減させる目的で、例えば管長が長くても炉芯管内のほぼ全域にわたって均一加熱が可能な炉芯管を開発すべく鋭意検討した結果、石英ガラス製の内管と外管との間に異方性を有する特定炭素材からなる層を挟入した複層構造に炉芯管壁を構成することにより、この炉芯管均熱化問題が解決されることを見出し本発明を完成した。

【0005】従って、本発明の課題は、例えば長手方向に長い炉芯管であっても、その有効処理域が広く、炉内の均熱放射性、特に炉芯管長手方向の均熱放射性に優れ、然も炉芯管からのウエハ汚染物質の放散が回避された半導体熱処理炉用石英ガラス炉芯管を提供するにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、石英ガラス製の内管と外管との間に炭素材からなる管状成形体が挟入された複層構造の半導体熱処理炉用石英ガラス炉芯管に於て、該管状成形体を構成する炭素材が、異方性を有し、該成形体の円筒長手面方向と厚み方向の熱伝導率の比が $30/1$ 以上であることを特徴とする半導体熱処理炉用石英ガラス炉芯管が提供される。

【0007】本発明の半導体熱処理炉用石英ガラス炉芯管は、その炉芯管壁が 2 重の石英ガラス層で構成され、層間に特定の異方性炭素材料層が挿入されて成る点が顕著な特徴である。異方性を有する炭素の代表的存在として、黒鉛（グラファイト）を挙げることができる。黒鉛（グラファイト）は、炭素原子の縮合六員環層面が平面状に広がり、この層面が幾重にも積み重なった層構造をなす、所謂、グラファイト型結晶構造を有する。この黒鉛結晶構造の隣接する各層面間は、弱いファンデルワールス力で結合されている。このグラファイト層構造に由来して黒鉛は物性に強い異方性を有し、例えば、熱伝導

率は、完全なグラファイト結晶構造の黒鉛の場合、層面（基底面）に平行方向の値は約2000W/mK、層面に垂直方向の値は約10W/mKと著しい異方性を示す。

【0008】本発明は、この黒鉛のように異方性を示す炭素材を、その結晶層面（a、b軸面）が円筒表面に沿ってほぼ並行に配列し、該層面に垂直な軸（c軸）方向が厚み方向に向くように結晶配向させ、この配向状態で円筒状に成形し、そして、該配向結晶状態に形成された円管状成形体を石英ガラス製の内管と外管との間に挟入して後、石英ガラス管端部を封止して、複層構造の石英ガラス炉芯管を得るものである。従って、この異方性炭素材より成る成形体が封入された本発明の複層構造石英ガラス炉芯管は、面方向（円筒環長手方向）の熱伝導率が非常に高く、長手方向を含めて円筒面全体に熱を伝えやすい。これにより、図2を参照することにより明らかなように、炉芯管のほぼ全域にわたる均熱加熱が達成でき（有効処理域の拡張）、一回で処理できるウエハの数が増加し、大幅なコストダウンが可能になった。

【0009】また、炭素材料を石英ガラス管外の炉芯管内側に配設した場合、炭素材料からパーティクルが発生してウエハに付着し、ウエハの歩留まり率を低下させるという悪影響が起こることが考えられるのに対し、本発明に於いては、該異方性炭素材は二重石英ガラス管内に封入されているため、加熱時に発生する炭素材料からの不純物が管壁内にトラップされ、該不純物の拡散及びそれによるウエハの汚染を完全に阻止できるという利点もある。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明の半導体熱処理炉用石英ガラス炉芯管に於いて、石英ガラス製の内管と外管との間に挟入される管状成形体の構成材である異方性炭素材としては、熱伝導性が全体として比較的良好で、且つ熱伝導率に高い異方性を有し、円筒管状成形体に成形可能な炭素質材料であれば良く、特に限定されるものではないが、該炭素質成形体は、石英ガラス中に封入され、炉芯*

嵩密度：1.3g/cm³

比熱容量：0.6865J/gK 21℃

熱拡散率：厚み方向 0.0319~0.0391cm²/s

面内方向 0.919~1.030cm²/s

熱伝導率：厚み方向 2.3~2.6W/m·K

面内方向 62~71W/m·K

【0014】本発明の管状成形体を得るには、例えば、このような市販成形用素材からプレス及びCIP成形により一旦所定厚さの結晶配向状シートに成形するか、又は所定厚さ、所定性状の市販品シートを用意するかして、これに針等を用いて所定ピッチで多数の貫通小孔を穿ち、次いで該シートを円筒形マンドレル等に巻き付け、該巻き付け端部を接合して管状成形体を作製するか、又は前記素材から直接管状成形体を成形して作製す

* 管壁として該管の外側から照射される輻射熱を受け、1000℃を越える高温に曝されるところから、高温下に於いても劣化や変形、軟化を起こさず、然も揮発性物質やガス等の不純物の放出のないものであることが好ましい。

【0011】上記の観点から本発明に於いては、黒鉛等、グラファイト結晶構造を有する炭素材を成形素材として用いることが好ましく、上記グラファイト結晶構造を有する炭素材の中でも、その層面間の面間隔（c軸方向の層面間厚み：Lc）が800オングストローム以上あるものが熱伝導異方性の観点から特に好ましい。本発明では、このグラファイト型結晶構造を有する炭素材等の異方性炭素材を、その結晶のa、b軸層面が管表面に並行に、c軸方向が厚み方向に向けて揃えられた円筒管形状の成形体に成形する。このように、グラファイト結晶層面が管状表面に並行に配向した本発明の成形体は、面方向（円筒環長手方向）の熱伝導率が100W/m·K以上、面方向と厚み方向の熱伝導率の異方比が30/1以上となる。

【0012】本発明に於いて、特に好適な異方性炭素材成形体として、炭素材の中でも膨張黒鉛を用い、この膨張黒鉛をシート状に成形したものから円筒管を製作するか、又は粒状乃至粉末状等の膨張黒鉛素材を直接円筒管に成形したものを挙げることができる。この成形体は厚み方向に黒鉛結晶のC軸が揃っているためこの方向の熱伝導率は相対的に低く、一方、面方向（円筒環長手方向）の熱伝導率は黒鉛結晶のa、b軸層面がその円筒表面に沿って並行に配向しているため著しく高く、高度な伝熱異方性を示す。しかも、その厚み方向のガス透過性は、膨張黒鉛の特徴として開気孔が殆ど無いため、他の炭素材に比較して格段に低く、従って、発塵及びガス放出が格段に少ないという特性をも併せ持つ。この膨張黒鉛は、粒状乃至粉末状の成形用素材としても、あるいはシート状成型物としても市販品として容易に入手できる。

【0013】このよう市販品膨張黒鉛シートの物性性状の一例を挙げれば下記の通りである。

る。該シート乃至管状成形体の厚みは、炉芯管のサイズ、使用条件等により若干変動するが、前記異方性炭素材は、厚み方向、即ちc結晶軸方向の熱伝導率が通常2乃至4W/m·Kとそれほど高くないため、あまり厚い層に形成することは得策でなく、炉芯管壁として均熱加熱が達成される最低の厚さ、通常、1乃至5mm程度の厚さに設定される。

【0015】また、該シート乃至成形体は、真空中での

高温熱処理及びハロゲンガス中での熱処理等の方法により純化されることが好ましく、これにより、成形体の異方性炭素材中に吸蔵されているガスや揮発成分及び材料中の金属不純物、その他の夾雑物等が除去されると共に、このようにして純化された成形体は、面内方向の熱伝導率が $100\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上に更に向上する。

【0016】本発明の半導体熱処理炉用石英ガラス炉芯管を製作するには、例えば、先ず石英ガラス製の外側管と内側管を作製し、外側管に内側管を挿入して酸水素パーナー等でその一端部を封じ、この二重管の隙間に前記異方性炭素材から成る円筒状成形体を挿入し、真空ポンプで減圧に引きながらもう一方の管端末を封じて異方性炭素材が内在する石英ガラス二重炉芯管を得る。すなわち、図1に示すように石英ガラス二重炉芯管は、石英ガラス内側管1と石英ガラス外側管2との間に円筒形異方性炭素材成形体3が内在している。このようにして作製された本発明の炉芯管は、例えば、図3に示すような熱拡散炉の炉内に装着され、ウエハ等の熱処理に使用される。以下実施例によって本発明の石英ガラス炉芯管をより具体的に説明すると共にその性能の評価結果を図2にグラフとして示す。

【0017】

【実施例】「実施例1」膨張黒鉛（中央化成社製、9960グレード）をシート状に成形し、厚み0.4mmのシートを得た。粉末X線回折装置での測定に依り、この配向性を検討したところ、面方向にa、b結晶軸、厚み方向にc結晶軸が配向していることが確認された。このシート状膨張黒鉛に直径0.4mmの針で2.5mmピッチに貫通細孔を穿ち、次いでこのシートを円筒型金属製マンドリルに、約 10 kg/cm^2 の張力を加えながら巻き付けた。

【0018】なお、シート状膨張黒鉛に多数の貫通細孔を設ける理由は、これを設けずに次工程で同筒形状に成形するとシート間に空気が溜まり易く、また炭素化及び純化工程において膨張黒鉛から発生するガスの抜けが充分に行われず、その結果同筒体の強度が低くなったり、表面に $\phi 1\text{ mm}$ 程度の細かい膨れが生じてしまうからである。本研究においては、上記問題が生ずることのない貫通細孔の形成方法としては $\phi 1\text{ mm}$ 以上でピッチ5mm以下で形成することが最も効果的であることが確認されている。また、半導体熱処理炉用炉芯管として特にその長さ方向の熱伝導性、ひいては、炉芯管内の均熱性を考慮した場合、上記貫通細孔の径は $\phi 3\text{ mm}$ が上限であることが確認されている。

【0019】そして、巻き付け時、シート間を接合させるために、巻き付けたシートの外表面に、フェノール樹脂をメタノール溶媒で希釈し粘度を200～400ポイズに調整した溶液を刷毛に依り塗布した。

【0020】次いで、円筒形状の厚み1mmのゴム製型で、該マンドリルに巻き付けたシートごと覆い、静水圧

プレスに依り 1 ton/cm^2 の加圧下に成形した。得られた成形体を、真空中で、 100°C/hr の昇温速度で加熱し、 2000°C で熱処理して前記フェノール樹脂を炭素化した。その後ハロゲンガス中で熱処理を行い金属不純物を除去し、外径100mm、内径90mm、長さ500mmの円筒管型異方性炭素材成形体を得た。

【0021】別に、外径110mm、内径100mm、長さ1000mmの外側用石英ガラス管と外径90mm、内径80mm、長さ1000mmの内側用石英ガラス管を用意し、内側用ガラス管を外側用ガラス管内に挿入し、酸水素パーナーで一端を封じた。この二重管の隙間に前記異方性炭素材成形体を挿入し、真空ポンプで減圧に引きながらもう一端を封じ、図1に断面層構造図として示したような、異方性炭素材料が内在する複層構造の石英ガラス炉芯管を得た。この炉芯管の長手方向中央を中心に500mmの長さにセラミックス発熱体をコイル状に巻き、 1000°C に加熱し、減圧にした炉芯管内に熱電対を挿入し、これを移動させながら20mm毎に炉芯管内の温度分布を測定した。この測定結果を図2に炉内温度分布線図として示す。

【0022】「比較例1」外径110mm、内径100mm、長さ1000mmの石英ガラス管（外側管）と外径90mm、内径80mm、長さ1000mmの石英ガラス管（内側管）を用意し、内側管を外側管内に挿入して酸水素パーナーでその一端を封じた。その後、真空ポンプで減圧に引きながら、他の一端を封じ、内部が真空中の石英ガラス二重炉芯管を作製した。この炉芯管に、実施例1と同様にセラミックス発熱体を配設し、実施例1と同様にして炉内部の温度分布を測定した。この測定結果を図2に示す。

【0023】図2から明らかなように、本発明の異方性炭素材料が内在する複層構造の炉芯管は石英ガラスのみから成る比較例1の炉芯管に比較してその有効処理領域の長手方向の長さが、約1.5倍と長く、同一形状の従来品に比較して一回の被処理物処理数を大幅に向上させることが認められた。

【0024】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の半導体熱処理炉用石英ガラス炉芯管は、2重の石英ガラス層の層間に特定の異方性炭素材料層が挿入された複層構造の管壁から成るため、炉内の均熱放射性、特に炉芯管長手方向の均熱放射性に優れ、その有効処理域が広く、同一形状の従来品に比較して一回の被処理物処理数を大幅に向上させることができる。然も、異方性炭素材料層が石英ガラス層内に封入されているため、炉芯管からのウエハへの汚染物質の放散も回避され半導体熱処理炉用炉芯管として極めて好適に使用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の石英ガラス炉芯管の壁面断面構造を示す図である。

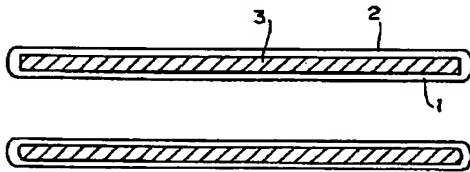
【図2】図2は、実施例1と比較例1の各炉芯管の炉内温度分布測定値を比較した線図であって、縦軸に炉内温度を、また横軸に炉の中央からの距離を示し、横軸の右側を炉の上方向、左側を炉の下方向を示している。

【図3】図3は、半導体熱処理装置（拡散炉）の構成を説明するための概略の断面図である。

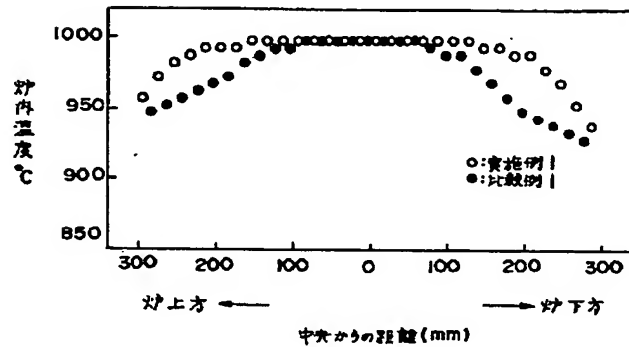
【符号の説明】

- * 1 石英ガラス内側管
- 2 石英ガラス外側管
- 3 円筒形異方性炭素材成形体
- 4 炉芯管
- 5 発熱体
- 6 サセプター
- * 7 被処理物（ウエハ）

【図1】



【図2】



【図3】

